

P A T E N T

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Jagiella, et al.

Application No.:

Filed: Herewith

For: **DEVICE AND METHOD FOR CHECKING BORES IN OR  
EDGES ON AN OBJECT OF MEASUREMENT**

**MAIL STOP PATENT APPLICATION**

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

**CERTIFICATE OF MAILING**

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as Express Mail (No. EV 132074719 US) addressed to MAIL STOP PATENT APPLICATION, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on July 9, 2003.

By:

*Carol Prentice*  
Carol Prentice

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT(S)**  
**PURSUANT TO 35 U.S.C. 119**

Dear Sir:

Enclosed herewith is the certified copy of Applicants' counterpart German application:

**German patent application no. 102 32 131.0**  
**filed July 11, 2002**

upon which Applicants' claim for priority is based.

Applicants respectfully request the Examiner to acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

Date: July 9, 2003

**ATTORNEY DOCKET NO.: HOE-669.1**

*Barry R. Lipsitz*  
Barry R. Lipsitz  
Attorney for Applicant(s)  
Registration No. 28,637  
755 Main Street, Building 8  
Monroe, CT 06468  
(203) 459-0200

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 32 131.0

**Anmeldetag:** 11. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** BALLUFF GmbH, Neuhausen/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung und Verfahren zur Prüfung  
von Bohrungen oder Kanten in einem  
Messgegenstand

**IPC:** G 01B 7/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Wallner

A 56 916 t  
t-201  
11. Juli 2002

Anm.: BALLUFF GmbH  
Schurwaldstrasse 9  
73765 Neuhausen

## **B E S C H R E I B U N G**

### **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR PRÜFUNG VON BOHRUNGEN ODER KANTEN IN EINEM MESSGEGENSTAND**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Prüfung von Bohrungen oder Kanten und insbesondere zur Graterkennung in oder an einem Meßgegenstand.

Grate können überall dort entstehen, wo Werkstücke mittels spanabhebender Materialbearbeitung bearbeitet werden. Beispielsweise können Grate an Bohrungen oder Kanten entstehen. Grate können aus verschiedenen Gründen störend sein. Beispielsweise sollte an abzudichtenden Trennflächen keine Grate vorhanden sein, da sonst das Dichtungsergebnis beeinflußt wird. Es kann gewünscht sein, daß bei Werkstücken kein Materialüberstand vorliegt. Vorhandene Grate, welche bei einer Bauteilmontage abfallen, können störend sein. Fallen sie im Betrieb eines Aggregats ab, kann dieses zerstört werden. Grate an Materialkanten eines zu beschichtenden Werkstücks können unregelmäßige Lackdichten verursachen. Scharfkantige Grate an äußeren Werkstückoberflächen können zu Schnittverletzungen führen.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Es ist deshalb oft notwendig, nach der Werkstückbearbeitung eine Gratprüfung durchzuführen, wobei diese zwei Aspekte haben kann, nämlich eine qualitative Gratprüfung, ob Grate vorhanden sind und eine quantitative Prüfung, ob beispielsweise eine bestimmte Höhentoleranz eines Grates überschritten ist.

In der nichtvorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 101 03 177.7 der gleichen Anmelderin ist eine Gratprüfungs-Sensorvorrichtung beschrieben, welche universell und auf einfache Weise einsetzbar ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Überprüfung von Bohrungen oder Kanten in einem Meßgegenstand, insbesondere zur Graterkennung, zu schaffen, welche auf einfache Weise einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß ein erster Abstandssensor mit einem Detektorkopf vorgesehen ist, wobei der Detektorkopf in einem Abstand zum Meßgegenstand positionierbar ist und Detektorkopf und Meßgegenstand relativ zueinander beweglich sind, der Detektorkopf elektromagnetisch mit dem Meßgegenstand koppelt oder durch ihn der Meßgegenstand mit einem elektromagnetischen Signal beaufschlagbar ist, und die Ankopplung an den Meßgegenstand oder ein elektromagnetisches Reaktionssignal des Meßgegenstandes auf das Beaufschlagungssignal abhängig von einem Abstand zwischen Detektorkopf und Meßgegenstand ist, so daß dieser Abstand berührungsfrei ermittelbar ist und durch den Detektorkopf eine Meßgegenstandsoberfläche berührungsfrei abtastbar ist, weiterhin ein zweiter Abstandssensor mit Detektorkopf vorgesehen ist, mittels welchem korreliert mit dem ersten Abstandssensor ein Referenzobjekt abtastbar ist, und eine

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Vergleichseinrichtung zum Vergleich der Meßsignale von erstem Abstandssensor und zweitem Abstandssensor vorgesehen ist, so daß der Meßgegenstand in Bezug auf den Referenzgegenstand charakterisierbar ist.

Durch die erfindungsgemäße Verwendung eines Abstandssensors als eigenes Bauteil, wobei dieser Abstandssensor in Wechselwirkung zu dem Werkstück tritt und die Wechselwirkung von dem Abstand zwischen Abstandssensor und Werkstück abhängt, läßt sich auf einfache Weise eine Oberflächenüberprüfung einer Bohrung oder Kante insbesondere als Gratprüfung durchführen. Der Abstandssensor bildet dabei ein Sensorfeld aus, welches lokal an das Werkstück koppelt. Dadurch lassen sich auch innere Werkstückoberflächen (d.h. auch Bohrungsflächen) prüfen, wenn der Abstandssensor entsprechend in das Werkstück eingeführt wird. Die Überprüfung erfolgt berührungsfrei, so daß ein einfacher und insbesondere auch maschineller Einsatz ermöglicht ist.

Dadurch, daß korreliert der Meßgegenstand und ein Referenzgegenstand abgetastet werden, läßt sich auf einfache Weise beispielsweise aus einer Differenz zwischen Meßsignalen der beiden Abstandssensoren auf eine Abweichung zwischen Meßgegenstand und Referenzgegenstand schließen. Wenn der Referenzgegenstand ideal präpariert ist, dann bedeutet eine Differenz, daß der Meßgegenstand einen Fehler aufweist. Aus der Höhe des Differenzsignals läßt sich dann beispielsweise ermitteln, ob der Meßgegenstand noch verwendbar ist oder aus dem Produktionsprozeß auszuschneiden ist, d.h. außerhalb eines Toleranzbereichs liegt.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung läßt sich eine einfache und schnelle Überprüfung von Meßgegenständen beispielsweise in der Serienfertigung durchführen, wobei sich diese Überprüfung auch bezüglich der Auswertung automatisieren läßt.

Neben Graten lassen sich auch noch andere Abweichungen bezogen auf die präparierten Bohrungen im Referenzgegenstand erkennen, wie beispielsweise Formabweichungen oder Dimensionsabweichungen.

Insbesondere ist es vorgesehen, daß der erste Abstandssensor und zweite Abstandssensor im wesentlichen gleich ausgebildet sind, um eine einfache Vergleichbarkeit zwischen Meßgegenstand und Referenzgegenstand zu ermöglichen.

Weiterhin ist es vorgesehen, daß während eines Prüfungsvorgangs erster Abstandssensor und zweiter Abstandssensor in fester Abstandsbeziehung und/oder Winkelbeziehung miteinander gekoppelt sind. Beispielsweise sollten für eine lineare Verfährung des zweiten Abstandssensors bezüglich des Referenzgegenstandes eine starre Kopplung mit dem ersten Abstandssensor vorliegen. Dadurch ist automatisch für eine korrelierte bzw. synchronisierte Bewegung der beiden Abstandssensoren gesorgt. Wird eine Drehbewegung des zweiten Abstandssensors relativ zum Referenzgegenstand durchgeführt, dann sollte entsprechend auch eine Drehbewegung des ersten Abstandssensors relativ zum Meßgegenstand mit der erstgenannten Drehbewegung korreliert sein.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Vorteilhafterweise ist eine Führungsvorrichtung vorgesehen, über die der zweite Abstandssensor relativ zum Referenzgegenstand definiert führbar ist und dabei insbesondere linearverschieblich relativ zum Referenzgegenstand führbar ist und/oder relativ zu diesem drehbar ist. Je nach Anwendungsfall kann dabei die Führungsvorrichtung so ausgebildet sein, daß eine Linearverschiebung nur in einer Richtung, nur in einer Ebene oder in alle drei Raumrichtungen zugelassen ist.

Insbesondere folgt dann der erste Abstandssensor der Führung des zweiten Abstandssensors, so daß der Meßgegenstand geführt abtastbar ist, wobei der zweite Abstandssensor eben dem ersten Abstandssensor folgt.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn der Referenzgegenstand präpariert ist, so daß er den Idealfall darstellt und eine Abweichung von dem Referenzgegenstand das Detektionsergebnis darstellt.

Insbesondere bildet dabei die Vergleichseinrichtung ein Differenzsignal für die Meßsignale des ersten Abstandssensors und des zweiten Abstandssensors. Dadurch ist auf einfache Weise ein direkter Vergleich möglich, um so das Meßergebnis am Meßgegenstand relativ zu dem Referenzgegenstand charakterisieren zu können. Ergibt das Differenzsignal einen verschwindenden Wert, so bedeutet dies, daß in dem gemessenen Bereich keine Unterschiede zwischen Meßgegenstand und Referenzgegenstand vorliegen. Weist das Differenzsignal einen endlichen Wert auf, so wurden entsprechende Unterschiede detektiert. Aus dem absoluten Wert des Differenzsignals lassen sich dann auch noch Schlüsse auf die Herkunft dieses Unterschieds ziehen, beispielsweise ob es sich um einen Grat und um welchen Typ von Grat handelt.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Insbesondere ist es dann vorgesehen, daß die Vergleichseinrichtung einen Schwellenwertschalter umfaßt, um bezüglich der Differenzbildung Rauschsignale und dergleichen zu unterdrücken, oder Signale unterhalb einer Toleranzschwelle als unerheblich verwerfen zu können.

Ganz besonders günstig ist es, wenn der erste bzw. zweite Abstandssensor oder eine erste bzw. zweite Abstandssensor-Kombination, welche den ersten bzw. zweiten Abstandssensor und mindestens einen weiteren Abstandssensor umfaßt und mit dem der Meßgegenstand bzw. der Referenzgegenstand abtastbar ist, eine Mehrzahl von Sichtbereichen aufweist. Über diese Mehrzahl von Sichtbereichen läßt sich beispielsweise eine Ausrichtung und insbesondere koaxiale Ausrichtung eines Abstandssensors bzw. einer Abstandssensor-Kombination in einer Bohrung überprüfen und gegebenenfalls nachregeln. Darüber hinaus ist eine solche Mehrzahl von Sichtbereichen geeignet, um eine genaue Charakterisierung insbesondere hinsichtlich absoluter Auswertung zu ermöglichen. Weiterhin läßt sich gleichzeitig ein größerer Flächenbereich abtasten, so daß ein Prüfungsvorgang schneller durchführbar ist.

Vorteilhafterweise ist ein Sichtbereich insbesondere des ersten Abstandssensors oder der ersten Abstandssensor-Kombination so angeordnet, daß er in eine Richtung weist, in welcher der Abstandssensor oder die Abstandssensor-Kombination zum Meßgegenstand hin verschiebbar ist. Dadurch kann ein Warnsignal generiert werden, wenn eine Kollision mit dem Meßgegenstand zu befürchten ist und diese so verhindert werden. Solche Kollisionsgefahren bestehen beispielsweise, wenn eine Bohrung nicht genügend tief gebohrt ist.



A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Weiterhin ist es günstig, wenn Sichtbereiche so angeordnet sind, daß bei einer Linearbewegung des ersten bzw. zweiten Abstandssensors oder der ersten bzw. zweiten Abstandssensor-Kombination der gleiche Flächenbereich des Meßgegenstandes bzw. Referenzgegenstandes abtastbar ist. Sind dabei die Sichtbereiche bezüglich beispielsweise der elektromagnetischen Ankopplung an den entsprechenden Gegenstand unterschiedlich ausgebildet, dann läßt sich durch den jeweiligen Sichtbereich und zugeordneten Meßsignale und insbesondere bei Differenzbildung auch eine absolute Aussage bezüglich des Abstandes zu dem Meßgegenstand bzw. Referenzgegenstand treffen.

Es kann auch vorgesehen sein, daß Sichtbereiche so angeordnet sind, daß bei einer Drehbewegung des ersten bzw. zweiten Abstandssensors oder der ersten bzw. zweiten Abstandssensor-Kombination ein gleicher Flächenbereich des Meßgegenstandes bzw. Referenzgegenstandes abtastbar ist. Dies umfaßt den Sonderfall, daß Sichtbereiche gegenüberliegenden Flächen einer Bohrung zugewandt sind. Es läßt sich dann bei entsprechenden, den Sichtbereichen zugeordneten Meßsignalen eine Ausrichtung eines Abstandssensors bzw. einer Abstandssensor-Kombination innerhalb einer Bohrung durchführen, um so beispielsweise eine ideale koaxiale Führung mit großer Genauigkeit zu erreichen.

Es kann dabei vorgesehen sein, daß einer oder mehrere Sichtbereiche extern oder intern auswählbar sind, um so die Messung optimiert an eine Anwendung anzupassen.

Ganz besonders vorteilhaft ist es, wenn ein Abstandssensor oder eine Kombination mehrerer Abstandssensoren als Sonde ausgebildet ist, welche in eine

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Bohrung eintauchbar ist. Dadurch läßt sich eine solche Bohrung abtasten, um so wiederum die Bohrung insbesondere bezüglich Graten überprüfen zu können.

In der Praxis ist es bedeutsam, wenn Meßgegenstand und Referenzgegenstand aus einem metallischen Werkstoff hergestellt sind. Ein typischer Anwendungsfall sind beispielsweise Motorblöcke, die mit einer Vielzahl von Bohrungen versehen sind.

Es ist vorteilhaft, wenn der erste bzw. zweite Abstandssensor ein induktiver Sensor ist, welcher induktiv an den Meßgegenstand bzw. Referenzgegenstand koppelt. Ein solcher induktiver Sensor koppelt elektromagnetisch an einen metallischen Werkstoff. Es lassen sich dabei Abstände zu einem Werkstück gut vermessen, wobei eine Messung unempfindlich gegenüber Verschmutzungen wie Öl ist, da die induktive Ankopplung dadurch im wesentlichen unbeeinflußt bleibt, sofern die Verschmutzung nichtmetallisch ist.

Um eine Mehrzahl von Sichtbereichen an einem Sensor bereitzustellen, umfaßt günstigerweise ein induktiver Sensor eine Mehrzahl von Spulen. Eine Spule liefert dann ein entsprechendes Meßsignal und beispielsweise aus der Differenz von solchen Meßsignalen verschiedener Spulen lassen sich quantitative Abstandsangaben hoher Genauigkeit ermitteln. Diese Differenzauswertung kann dabei intern in dem induktiven Sensor durchgeführt werden.

Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Prüfung von Bohrungen in oder Kanten an einem Meßgegenstand und insbesondere zur

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Graterkennung zu schaffen, welches auf einfache und genaue Weise die Prüfung von Bohrungen ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mittels eines Abstandssensors ein präparierter Referenzgegenstand abgetastet wird und korreliert dann mit einem weiteren Abstandssensor der Meßgegenstand abgetastet wird und ein Vergleich der Meßsignale der beiden Abstandssensoren durchgeführt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist die bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erläuterten Vorteile auf.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen wurden ebenfalls bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung erläutert.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung: Es zeigen:

Figuren 1a, 1b, 1c verschiedene Formen von Graten an einer Bohrung an einem Werkstück;

Figur 2 eine schematische Darstellung eines induktiven Abstandssensors, welcher in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Prüfung von Bohrungen eingesetzt ist;

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

- Figur 3 eine schematische Darstellung eines Abstandssensors mit seinem Sichtbereich bezüglich einer Werkstückoberfläche;
- Figur 4 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Prüfung von Bohrungen, und
- Figur 5 ein Ausführungsbeispiel für eine Sensoranordnung zur Prüfung einer Bohrung.

Wenn ein Werkstück und insbesondere ein metallisches Werkstück mittels eines spanabhebenden Werkzeugs bearbeitet wird, können an äußeren und inneren Oberflächen wie Bohrungsverschneidungen oder an Kanten des Werkstücks Grate entstehen. Dies ist schematisch in den Figuren 1a bis c für Bohrungen gezeigt.

Man unterscheidet dabei verschiedene Grattypen: Der sogenannte Grat vom Grattyp 1, welcher in Figur 1a als Ganzes mit 10 bezeichnet ist, ist als einfacher Grat in der Form einer umlaufenden Randerhebung gebildet, wobei die Grathöhe größer als 0,15 mm ist. Ein Grat vom Grattyp 2 ist ebenfalls ein einfacher Grat, welcher eine Grathöhe von ca. 1,1 mm aufweist.

Ein Grat vom Grattyp 3, welcher in Figur 1b als Ganzes mit 12 bezeichnet ist, wird auch als Kronengrat bezeichnet, da eine umlaufende Kante 14 dieses Grats zackenförmig ausgebildet ist. Für den Grattyp 3 ist dabei die Grathöhe ca. 0,65 Mal der Durchmesser der Bohrung 16 in dem Werkstück 18, an welchem der Grat gebildet ist.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Als Grat vom Grattyp 4 wird ein einfacher Grat bezeichnet, welcher eine Bohrkappe umfaßt, die an dem Werkstück hängt (in der Zeichnung nicht gezeigt).

Bei einem Grat vom Grattyp 5, welcher in Figur 1c als Ganzes mit 20 bezeichnet ist, ist der umlaufende Rand 22 bezüglich seiner Höhe stark unregelmäßig und es sind Zacken 24 ausgebildet, welche aber nicht - im Gegensatz zum Grat vom Grattyp 3 - um den gesamten Rand 22 des Grats 20 verteilt sind.

Erfindungsgemäß ist nun eine Vorrichtung zur Prüfung von Bohrungen und Werkstücken, insbesondere von deren Kanten, vorgesehen (Figur 5), mit der sich zum einen erkennen läßt, ob überhaupt ein Grat an einer Oberfläche eines Meßgegenstandes gebildet ist; insbesondere lassen sich durch die erfindungsgemäße Vorrichtung auch quantitative Aussagen über einen Grat erhalten, beispielsweise, welche Ausdehnungen er aufweist oder zu welchem Grattyp er gehört. Durch entsprechende Ausmessung des Meßgegenstandes lassen sich dann für die Weiterverarbeitung des Gegenstands verschiedene wichtige Informationen erhalten, wie beispielsweise, ob eine Nachbearbeitung bezüglich einer Gratentfernung oder Gratverkleinerung notwendig ist. Es läßt sich anhand einer Serie von Werkstücken auch eine Werkzeugüberprüfung dahingehend durchführen, daß die Gratveränderung innerhalb der Werkstückserie über die Zeit überwacht wird: Beispielsweise läßt sich das Stumpfwerden eines Bohrwerkzeugs aus der Art der Gratbildung an Bohrungsrändern ermitteln.

Weiterhin lassen sich Bohrungen bezüglich ihrer Abmessungen prüfen oder Kanten bezüglich ihrer Genauigkeit prüfen.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

In Figur 2 ist schematisch ein Ausführungsbeispiel eines ersten Abstandssensors gezeigt, welche dort als Ganzes mit 26 bezeichnet ist. Dieser umfaßt einen Detektorkopf 30. Der Detektorkopf 30 weist eine aktive Fläche 32 auf, über welche dieser an ein Werkstück 34 als Meßgegenstand elektromagnetisch koppelbar ist, wobei die Ankopplung bestimmt ist durch einen Abstand 36 zwischen der aktiven Fläche 32 des Detektorkopfs 30 und dem Werkstück 34.

In dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Abstandssensor 26 ein induktiver Näherungssensor, welcher induktiv über die Erzeugung von Wirbelströmen an das Werkstück 34 koppelt, welches dazu aus einem metallischen Werkstoff gefertigt sein muß. Der Detektorkopf 30 des Abstandssensors 26 weist dazu der aktiven Fläche 32 zugewandt eine Spule 38 als induktives Element auf, an welches das metallische Werkstück 34 induktiv koppelt.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Spule 38 mit einem Schalenkern 40 versehen. Eine Grundfläche des Schalenkerns 40 bestimmt im wesentlichen die aktive Fläche 32; angenähert entspricht die Fläche einer Schalenkernkappe 41 der aktiven Fläche 32. Ein Sensorbereich 42 des Abstandssensors 26 liegt vor der aktiven Fläche 32.

Der Abstandssensor 26 umfaßt beispielhaft ferner einen Oszillator 44, einen Demodulator 46 und einen Ausgangstreiber 50. An einem Ausgang 52 des Abstandssensors 26 ist ein analoges Ausgangssignal bereitgestellt, beispielsweise ein Spannungssignal, welches abhängig ist von dem Abstand zwischen der aktiven Fläche 32 des Detektorkopfs 30 und dem Werkstück 34.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Es kann alternativ vorgesehen sein, daß eine Spule 38 des Abstandssensors 26 kernlos ist, wobei beispielsweise ein metallisches Werkstück 34 die Amplitude des schwingenden Oszillators 44 durch induktive Ankopplung beeinflußt und die Amplitude und/oder Frequenz und/oder Phase des Oszillators 44 ein Maß für den Abstand 36 ist.

Die Wechselwirkung des Abstandssensors 26 erfolgt nur über die aktive Fläche 32, welche in ihrer Ausbildung und Positionierung relativ zum Werkstück des Sensorbereichs 42 definiert. Der Abstandssensor 26 mit seinem Detektorkopf 30 ist lokal an dem Werkstück 34 positionierbar und es erfolgt dann lokal eine Wechselwirkung zwischen dem Detektorkopf 30 und dem Werkstück 34 durch ein lokales Sensorfeld. Liegt ein Grat in dem Sensorfeld 42, dann wird dadurch die elektromagnetische (induktive) Kopplung zwischen der aktiven Fläche 32 und dem Werkstück 34 beeinflußt und dementsprechend ändert sich das Ausgangssignal 52. Man erhält dadurch eine lokale Information über das Werkstück, nämlich ob ein Grat vorhanden ist, wenn sich entsprechend das Signal ändert und aus der Signaländerung selber wiederum lassen sich quantitative Informationen über den Grat erhalten.

Der Abstandssensor 26 in Figur 2 wurde beispielhaft beschrieben als induktiver Abstandssensor, welcher induktiv an das Werkstück koppelt. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß der Abstandssensor als kapazitiver Abstandssensor ausgebildet ist, welcher kapazitiv an das Werkstück 34 koppelt. Auch hier handelt es sich um eine elektromagnetische Ankopplung, wobei diese elektrostatische Ankopplung wiederum durch den Abstand 36 beeinflußt ist. Auch hier wiederum läßt sich also aus einem Ausgangssignal eines entsprechenden

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

kapazitiven Abstandssensors eine Gratprüfung an dem Werkstück 34 durchführen.

Bei dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die aktive Fläche 32 symmetrisch um eine Längsachse 54 des Abstandssensors 28 ausgebildet. Das Sensorfeld 42 ist dann ebenfalls symmetrisch um diese Längsachse 54 ausgebildet, sofern kein angekoppeltes Werkstück 34 vorhanden ist bzw. bei angekoppeltem Werkstück 34 dieses ebenfalls symmetrisch bezogen auf die Längsachse 54 eines in einem Abstand positionierten Abstandssensors 28 mindestens im Bereich des wirksamen Sensorbereichs 42 ist.

Ein wirksamer Sensorbereich des Abstandssensors 28 (das Sensorfeld 42) weist also einen Sichtbereich mit einer Sichtrichtung auf, welche im wesentlichen parallel zu der Längsrichtung 54 des Abstandssensors 26 ist.

Es kann auch vorgesehen sein, wie in Figur 3 schematisch anhand eines Abstandssensors 56 mit einer Längsrichtung 58 gezeigt, daß eine aktive Fläche 60 quer zu dieser Längsrichtung 58 so orientiert ist, daß ein entsprechender, durch ein Sensorfeld 62 definierter Sichtbereich eine Sichtrichtung 64 aufweist, welche im wesentlichen quer und insbesondere senkrecht zu der Längsrichtung 58 des Abstandssensors 56 orientiert ist.

Der Sichtbereich eines Abstandssensors kann dabei definiert eingestellt sein und insbesondere durch Abschirmelemente eingeschränkt sein, um beispielsweise dadurch eine hohe Ortsauflösung zu erreichen. Entsprechend angeordnete Abschirmelemente beeinflussen die Ausbildung des Sensorfeldes zwischen



A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

dem Abstandssensor und dem Werkstück. Bei einem induktiven Abstandssensor kann es sich dabei insbesondere um Abschirmelemente handeln, welche die Induktion von Wirbelströmen in dem metallischen Werkstück 34 beeinflussen, oder bei einem kapazitiven Abstandssensor kann es sich um Abschirmelemente handeln, welche die Ausbildung des elektrischen Felds zwischen einer aktiven Fläche und dem Werkstück beeinflussen.

An dem Ausgang 52 steht ein analoges Ausgangssignal an, welches die Abstandsinformation für den Abstand zwischen Detektorkopf 30 und Werkstück enthält. Vorzugsweise ist noch eine getrennte Auswerteeinheit vorgesehen, an die dieses Signal eines Meßkopfs drahtlos oder mittels einer Leitung übertragen wird (in der Zeichnung nicht gezeigt). Die Auswerteeinheit ermittelt dann aus den im Signal indirekt enthaltenen Gratinformationen mittels eines Auswertungsalgorithmus direkte Information über die Gratabbildung, und zwar insbesondere über Ort und Ausdehnung. Beispielsweise erfolgt dazu ein Vergleich mit einem Referenzsignal, welches dem gratfreien Werkstück an der gleichen Sensorposition entspricht.

Ein Abstandssensor kann auch ein optischer Abstandssensor wie beispielsweise ein Lichttaster sein. Ein solcher optischer Abstandssensor ist in der nichtvorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 101 03 177.7 von der gleichen Anmelderin beschrieben, auf die hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird.

Ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Prüfung von Bohrungen 66 eines Meßgegenstandes 68 (Figur 4), welcher insbesondere

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

metallisch ist, umfaßt einen ersten Abstandssensor 70, wie er beispielsweise oben anhand der Figur 2 beschrieben und dort mit 26 bezeichnet wurde. Dieser erste Abstandssensor 70 ist beispielsweise sondenförmig ausgebildet, so daß er sich in eine Bohrung 66 eintauchen läßt.

Zur Überprüfung einer solchen Bohrung 66 ist ein Referenzgegenstand 72 vorgesehen, welcher so präpariert ist, daß er einem idealen Werkstück entspricht. Weisen der Referenzgegenstand 72 und der Meßgegenstand 68 demnach keine Abweichungen in ihren Eigenschaften auf, dann erfüllt der Meßgegenstand 68 mit seinen Bohrungen 66 alle an ihn gestellten Anforderungen.

Der Referenzgegenstand 72 weist entsprechend den Bohrungen 66 ebenfalls gleich angeordnete Bohrungen 74 auf, wobei diese jedoch ideal und insbesondere gratfrei präpariert sind.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Prüfung der Bohrungen 66 des Meßgegenstandes 68 umfaßt dann (mindestens) einen zweiten Abstandssensor 76, welcher gleich ausgebildet ist wie der erste Abstandssensor 70. Dieser zweite Abstandssensor 76 läßt sich in die Bohrungen 74 des Referenzgegenstandes 72 eintauchen, um damit die entsprechenden Oberflächen des Referenzgegenstandes 72 auszumessen.

Die beiden Abstandssensoren 70 und 76 sind nun so aneinander gekoppelt, daß bei Abtastung der Bohrung 74 durch den zweiten Abstandssensor 76 entsprechend die Bohrung 66 des Meßgegenstandes 68 abgetastet wird.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Wird beispielsweise der zweite Abstandssensor 76 linear in der Bohrung 74 verschoben, dann ist der erste Abstandssensor 70 derart starr an den zweiten Abstandssensor 76 gekoppelt, daß er korreliert bzw. synchronisiert mit der Führung des zweiten Abstandssensors 76 zu der Bohrung 74 des Referenzgegenstandes 72 in der ihm zugeordneten Bohrung 66 des Meßgegenstandes 68 geführt wird. Die Führung erfolgt dabei durch eine Führungsvorrichtung in Richtung der X- und/oder Y- und/oder Z-Achsen (die Führungsvorrichtung ist in der Zeichnung nicht gezeigt).

Es kann auch vorgesehen sein, daß, wenn der zweite Abstandssensor 76 in der Bohrung 74 gedreht wird, dann auch der erste Abstandssensor 70 winkelsynchron in der Bohrung 66 des Meßgegenstandes 68 gedreht wird, so daß grundsätzlich immer der gleiche relative Flächenbereich durch die beiden Abstandssensoren 70 und 76 abgetastet wird, wobei eben der zweite Abstandssensor 76 den Referenzgegenstand 72 abtastet und der erste Abstandssensor 70 den Meßgegenstand 68.

Ein Meßsignal des zweiten Abstandssensors 76 ist über eine Leitung 78 oder drahtlos zu einer Vergleichseinrichtung 80 geführt. Über eine Leitung 82 oder drahtlos ist das Meßsignal des ersten Abstandssensors 70 zu dieser Vergleichseinrichtung 80 geführt. Die Vergleichseinrichtung 80 kann dann die eintreffenden Meßsignale der beiden Abstandssensoren 70 und 76 miteinander vergleichen und insbesondere ein Differenzsignal erzeugen und gegebenenfalls ein Summensignal. Aus dem Differenzsignal läßt sich ablesen, ob ein Unterschied zwischen dem Meßgegenstand 68 und dem Referenzgegenstand 72 vorliegt. Dieser Unterschied ist dann, da der Referenzgegenstand 72 üblicherweise ideal präpariert ist, auf Abweichungen des Meßgegenstandes 68 von

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

dem Idealfall zurückzuführen. Diese Abweichungen sind insbesondere auf Grate in den Bohrungen 66 zurückzuführen. Daneben kommen auch Dimensionsabweichungen der Bohrungen 66 in Frage oder auch nichtgesetzte Querbohrungen und dergleichen.

Die Vergleichseinrichtung 80 umfaßt beispielsweise einen Schwellenwertschalter, um bezüglich der Differenzmessung Rauschsignale zu eliminieren oder Differenzsignale unterhalb einer Toleranzschwelle auszuschließen, so daß bei Überschreiten des Schwellenwertes im Differenzsignal von einem signifikanten Unterschied zwischen Meßgegenstand 68 und Referenzgegenstand 72 ausgegangen werden kann, das heißt sich die Bohrungen 74 und 66 signifikant unterscheiden.

Weiterhin kann dann aus der Signalform beispielsweise des Differenzsignals oder eines Summensignals auf die Art der Abweichung geschlossen werden, beispielsweise auf das Vorhandensein eines Grats und der Grattyp erkannt oder auf eine Dimensionsabweichung geschlossen werden.

Durch die in der Zeichnung nicht gezeigte Führungsvorrichtung werden die beiden Abstandssensoren 70 und 76 korreliert und insbesondere synchronisiert bezüglich ihrer jeweiligen Werkstücke geführt. Bei einer Serienfertigung von Werkstücken braucht dabei nur ein Referenzgegenstand 72 zur Prüfung einer Vielzahl von Meßgegenständen 68 vorgesehen werden.

Die Führungsvorrichtung ist grundsätzlich so ausgebildet, daß ein Eintauchen in entsprechende Bohrungen des Meßgegenstandes und Referenzgegenstandes

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

in allen Raumrichtungen möglich ist. Wie bereits oben beschrieben, ist vorzugsweise weiter vorgesehen, daß auch eine winkelkorrelierte Drehung des zweiten Abstandssensors 76 relativ zu der Bohrung 74 und des ersten Abstandssensors 70 relativ zu der Bohrung 76 ermöglicht ist.

Insbesondere kann die erfindungsgemäße Vorrichtung auch noch weitere, im wesentlichen gleich ausgebildete Abstandssensoren umfassen, um so gleichzeitig eine Mehrzahl von Bohrungen 66 in dem Meßgegenstand 68 überprüfen zu können, insbesondere wenn diese parallel angeordnet sind.

Es kann auch vorgesehen sein, wie in Figur 5 schematisch gezeigt, daß mehrere Abstandssensoren 84, 86 zu einer Abstandssensor-Kombination 88 verbunden sind, welche in eine Bohrung 66 bzw. 74 eingetaucht wird. Es ist dann zur Ausmessung des Referenzgegenstandes 72 eine erste Abstandssensor-Kombination vorgesehen und zur Ausmessung des Meßgegenstandes 68 eine zweite Abstandssensor-Kombination.

In einer solchen Abstandssensor-Kombination 88 sind mindestens zwei Abstandssensoren 84, 86 vorgesehen, welche unterschiedliche Sichtbereiche 90, 92 aufweisen. Insbesondere überlappen dabei diese Sichtbereiche 90, 92 nicht und weisen beispielsweise gegenüberliegenden Flächenbereichen 94, 96 einer Bohrung zu. Wird dann eine solche Abstandssensor-Kombination 88 in der Bohrung gedreht, dann überstreicht bei einer bestimmten Drehstellung der Sichtbereich 90 einen Flächenbereich, welcher bereits zuvor von dem Sichtbereich 92 überstrichen wurde.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Durch das Vorsehen von mindestens zwei Sichtbereichen 90, 92 läßt sich die Ausrichtung der Abstandssensor-Kombination 88 innerhalb einer Bohrung 98 optimieren. Insbesondere läßt sich dann die Abstandssensor-Kombination 88 koaxial zu einer Symmetrieachse 100 einer zylindrischen Bohrung 98 ausrichten. Dadurch wiederum wird die Führungsgenauigkeit der Abstandssensor-Kombination 88 in der Bohrung 98 verbessert.

Insbesondere läßt sich damit ein Regelkreis bezüglich des Referenzgegenstandes 72 ausbilden, über den darauf geachtet wird, daß die zweite Abstandssensor-Kombination 88 zur Abtastung der Bohrung 74 des Referenzgegenstandes 72 exakt koaxial zu der entsprechenden Achse 100 dieser Bohrung 74 geführt wird. Beispielsweise wird ein Differenzsignal der den beiden Sichtbereichen zugeordneten Signale gebildet und ein endlicher Wert weist dann auf eine Abweichung von der koaxialen Führung hin. Wenn dann die erste Abstandssensor-Kombination zur Abtastung der Bohrung 66 des Meßgegenstandes 68 synchronisiert mit der zweiten Abstandssensor-Kombination geführt ist und insbesondere starr relativ zu dieser geführt ist, dann läßt sich aus Unterschieden zwischen den Sichtbereichen 90 und 92 auf die Anwesenheit von insbesondere Graten schließen, sofern bezüglich der zweiten Abstandssensor-Kombination in der Bohrung 74 des Referenzgegenstandes 72 keine solchen Unterschiede vorliegen.

Es kann alternativ oder zusätzlich vorgesehen sein, daß ein Abstandssensor 26 selber eine Mehrzahl von Sichtbereichen aufweist, beispielsweise der Abstandssensor 84 gemäß Figur 5 den Sichtbereich 90 und einen in Längsrichtung 102 versetzten Sichtbereich 104, welcher beispielsweise einen geringeren

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Abstand eines Detektorkopfs 106 zu der Längsrichtung 102 aufweist als ein Detektorkopf 108, welcher den Sichtbereich 90 bereitstellt.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel umfaßt dann der Abstandssensor 84, wenn es sich um einen induktiven Sensor handelt, eine erste Spule 108 zur Schaffung des Sichtbereichs 90 und eine zweite Spule 110 zur Schaffung des Sichtbereichs 104.

Über dann innerhalb des Sensors 84 detektierte unterschiedliche Meßsignale bezüglich der beiden Sichtbereiche 90 und 104 läßt sich der Abstand zu der Bohrungsfläche 94 ermitteln, indem eben entsprechend ein Differenzsignal gebildet wird. Auch auf diese Weise läßt sich eine hochgenaue Führung eines einzelnen Abstandssensors 84 oder einer Abstandssensor-Kombination 88 innerhalb einer Bohrung 98 erreichen.

Auch der Abstandssensor 86 kann einen weiteren Sichtbereich 112 aufweisen.

Wird dann der Abstandssensor 84 in der Richtung 100 innerhalb der Bohrung 94 linear bewegt, dann überstreicht der Sichtbereich 104 einen Flächenbereich der Bohrung, welcher zuvor von dem Sichtbereich 90 überstrichen wurde bzw. umgekehrt, je nach Bewegungsrichtung des Abstandssensors 84 innerhalb der Bohrung 98.

Es ist vorzugsweise vorgesehen, daß Sichtbereiche, beispielsweise Sichtbereiche 90, 92, 104, 112 nach Bedarf zuschaltbar oder wegschaltbar sind. Dies kann extern über den Bediener oder über eine externe Auswerteeinrichtung

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

erfolgen oder intern über eine entsprechende Sensorschaltung. Dadurch läßt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung je nach Einstellung des Sichtbereichs an eine Anwendung angepaßt optimieren.

Es kann auch ein weiterer Abstandssensor 112 vorgesehen sein, welcher einen Sichtbereich 114 an einem Detektorkopf 116 aufweist, welcher in Richtung einer Bewegungsrichtung der Kombination 88 weist. Insbesondere ist der erste Abstandssensor oder die erste Abstandssensor-Kombination mit einem solchen Sichtbereich 114 versehen. Dadurch kann bei Kollisionsgefahr mit dem Meßgegenstand 68 ein Warnsignal abgegeben werden (wenn der Detektorkopf 116 eine Wandannäherung detektiert), um die Weiterführung abzuschalten. Dadurch wird die Kollision beispielsweise aufgrund nicht genügend tiefer Bohrungen am Meßgegenstand vermieden.

Erfindungsgemäß wird eine Prüfung einer Bohrung 66 in dem Meßgegenstand 68 (oder einer Kante des Meßgegenstandes 68) und insbesondere eine Gratprüfung dadurch durchgeführt, daß zuvor der Referenzgegenstand 72 präpariert wurde und dann Meßgegenstand 68 und Referenzgegenstand 72 in einem festen Abstand zueinander gehalten werden. Der zweite Abstandssensor wird in einem Abstand zu dem Referenzgegenstand 72 positioniert, wobei dadurch gleichzeitig der erste Abstandssensor 70 in einem bestimmten Abstand zu dem Meßgegenstand 68 positioniert wird. Zwischen dem zweiten Abstandssensor 76 mit seinem Detektorkopf 30 mit einer aktiven Fläche und dem Referenzgegenstand 72 bildet sich ein lokales Sensorfeld aus; entsprechendes gilt für den ersten Abstandssensor 70 und den Meßgegenstand 68. Über dieses Sensorfeld läßt sich der Abstand des Detektorkopfs des zweiten bzw. ersten Abstandssensors 76 bzw. 70 von dem Referenzgegenstand 72 bzw. Meßgegenstand 68



A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

ermitteln. Erfindungsgemäß braucht jedoch keine absolute Abstandsermittlung vorgesehen werden, da das Differenzsignal zwischen dem ersten Abstandssensor 70 und dem zweiten Abstandssensor 76 ausgewertet wird.

Durch die korrelierte Bewegung der Detektorköpfe der beiden Abstandssensoren 76 und 70 wird ein äquivalenter Flächenbereich einer Bohrung 74 bzw. 66 des Referenzgegenstandes 72 bzw. des Meßgegenstandes 68 abgetastet. Ein endliches Differenzsignal über einer Schwelle zeigt einen Unterschied an und da der Referenzgegenstand 72 ideal präpariert wurde, ist dieser Unterschied auf Abweichungen der Bohrung 66 im Meßgegenstand 68 von einer Idealform zurückzuführen. Diese Abweichungen wiederum können beispielsweise durch Grate verursacht werden, die eben entsprechend durch den ersten Abstandssensor 70 detektiert wurden.

Der Vergleich der Meßsignale der beiden Abstandssensoren 70 und 76 läßt sich mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung in eine Relativmessung überführen, ohne daß absolute Meßsignale detailliert ausgewertet werden müssen. (Sollen allerdings neben einer Graterkennung bzw. Abweichungserkennung noch quantitative Aussagen bezüglich dem Ursprung der Abweichung getroffen werden, dann ist eine solche quantitative Auswertung des Differenzsignals erforderlich.)

Der zweite Abstandssensor 76 tastet dabei lokal den Referenzgegenstand 72 ab und der erste Abstandssensor 70 tastet lokal den Meßgegenstand 68 ab.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Weitere Details sind in der nichtvorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung Nr. 101 03 177.7 vom 22. Januar 2001 der gleichen Anmelderin beschrieben. Auf den Inhalt dieser Anmeldung wird hiermit ausdrücklich Bezug genommen.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

## PATENTANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Prüfung von Bohrungen (66) in oder Kanten an einem Meßgegenstand (68), insbesondere zur Graterkennung, umfassend einen ersten Abstandssensor (70) mit einem Detektorkopf (30), wobei der Detektorkopf (30) in einem Abstand zu dem Meßgegenstand (68) positionierbar ist und Detektorkopf (30) und Meßgegenstand (68) relativ zueinander beweglich sind, der Detektorkopf (30) elektromagnetisch an den Meßgegenstand (68) koppelt oder durch ihn den Meßgegenstand (68) mit einem elektromagnetischen Signal beaufschlagbar ist und die Ankopplung an den Meßgegenstand (68) oder ein elektromagnetisches Reaktionssignal des Meßgegenstandes (68) auf das Beaufschlagungssignal abhängig von einem Abstand zwischen Detektorkopf (30) und Meßgegenstand (68) ist, so daß dieser Abstand berührungsfrei ermittelbar ist und durch den Detektorkopf (30) eine Meßgegenstandsoberfläche (94, 96) berührungsfrei abtastbar ist, ferner umfassend einen zweiten Abstandssensor (76), mittels welchem korreliert mit dem ersten Abstandssensor (70) ein Referenzobjekt (72) abtastbar ist, und eine Vergleichseinrichtung (80) zum Vergleich der Meßsignale von erstem Abstandssensor (68) und zweitem Abstandssensor (76), so daß der Meßgegenstand (68) in Bezug auf den Referenzgegenstand (72) charakterisierbar ist.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Abstandssensor (70) und der zweite Abstandssensor (76) im wesentlichen gleich ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß während eines Prüfungsvorgangs erster Abstandssensor (70) und zweiter Abstandssensor (76) in fester Abstandsbeziehung und/oder Winkelbeziehung miteinander gekoppelt sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Führungsvorrichtung vorgesehen ist, über die der zweite Abstandssensor (76) relativ zum Referenzgegenstand (72) definiert führbar ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Abstandssensor (70) der Führung des zweiten Abstandssensors (76) folgt, so daß der Meßgegenstand (68) geführt abtastbar ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzgegenstand (72) präpariert ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichseinrichtung (80) ein Differenzsignal für die Meßsignale des ersten Abstandssensors (70) und des zweiten Abstandssensors (76) bildet.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichseinrichtung (80) einen Schwellenwertschalter umfaßt.
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Abstandssensor (70) oder eine erste Abstandssensor-Kombination, welche den ersten Abstandssensor und mindestens einen weiteren Abstandssensor umfaßt und mit der der Meßgegenstand (68) abtastbar ist, eine Mehrzahl von Sichtbereichen (90, 92, 4, 112) aufweist.
10. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Abstandssensor (76) oder eine erste Abstandssensor-Kombination, welche den zweiten Abstandssensor und mindestens einen weiteren Abstandssensor umfaßt und mit der der Referenzgegenstand (72) abtastbar ist, eine Mehrzahl von Sichtbereichen (90, 92, 4, 112) aufweist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sichtbereiche (104, 90) so angeordnet sind, daß bei einer Linearbewegung des ersten Abstandssensors (70) oder der ersten Abstandssensor-Kombination ein gleicher Flächenbereich des Meßgegenstandes (68) abtastbar ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Sichtbereiche (104, 90) so angeordnet sind, daß bei einer Linearbewegung des zweiten Abstandssensors (76) oder der zweiten

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

Abstandssensor-Kombination ein gleicher Flächenbereich des Referenzgegenstandes (72) abtastbar ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß Sichtbereiche (90, 92) so angeordnet sind, daß bei einer Drehbewegung des ersten Abstandssensors (70) oder der ersten Abstandssensor-Kombination ein gleicher Flächenbereich des Meßgegenstandes (68) abtastbar ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Sichtbereiche (90, 92) so angeordnet sind, daß bei einer Drehbewegung des zweiten Abstandssensors (76) oder der zweiten Abstandssensor-Kombination ein gleicher Flächenbereich des Referenzgegenstandes (72) abtastbar ist.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß Sichtbereiche (90, 92) so angeordnet sind, daß gegenüberliegende Flächen des Meßgegenstandes (68) oder des Referenzgegenstandes (72) abtastbar sind.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere Sichtbereiche (90, 92, 104, 112) extern oder intern auswählbar sind.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

17. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abstandssensor (70, 76) oder eine Kombination (88) mehrerer Abstandssensoren (84, 86) als Sonde ausgebildet ist, welche in eine Bohrung (66; 74) eintauchbar ist.
18. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Meßgegenstand (68) und Referenzgegenstand (72) aus einem metallischen Werkstoff hergestellt sind.
19. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Abstandssensor (70) ein induktiver Sensor ist, welcher induktiv an den Meßgegenstand (68) koppelt.
20. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Abstandssensor (76) ein induktiver Sensor ist, welcher induktiv an den Referenzgegenstand (72) koppelt.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß ein induktiver Sensor (84) eine Mehrzahl von Spulen (108, 110) umfaßt.
22. Verfahren zur Prüfung von Bohrungen in oder Kanten an einem Meßgegenstand und insbesondere zur Graterkennung, bei welchem mittels eines Abstandssensors ein präparierter Referenzgegenstand abgetastet wird und korreliert dazu mit einem weiteren Abstandssensor der Meßgegenstand abgetastet wird und ein Vergleich der Meßsignale der beiden Abstandssensoren durchgeführt wird.

A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandssensor und der weitere Abstandssensor im wesentlichen gleich ausgebildet sind.
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandssensoren sondenartig mit einem jeweiligen Detektorkopf in die Bohrungen von Referenzgegenstand und Meßgegenstand eingetaucht werden.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abstandssensor einen Detektorkopf aufweist, welcher elektromagnetisch an den Gegenstand koppelt oder diesen mit einem Signal beaufschlagt und ein Reaktionssignal des Gegenstandes empfängt, wobei die elektromagnetische Kopplung oder das Reaktionssignal abhängig vom Abstand des Detektorkopfs zum Gegenstand ist.



A 56 916 t  
11. Juli 2002  
t-201

## ZUSAMMENFASSUNG

Um ein Verfahren zur Prüfung von Bohrungen in oder Kanten an einem Meßgegenstand und insbesondere zur Graterkennung zu schaffen, mittels welchem sich auf einfache und genaue Weise Bohrungen prüfen lassen, wird vorgeschlagen, mittels eines Abstandssensors einen präparierten Referenzgegenstand abzutasten und korreliert dazu mit einem weiteren Abstandssensor den Meßgegenstand abzutasten und ein Vergleich der Meßsignale der beiden Abstandssensoren durchzuführen.

FIG.1a

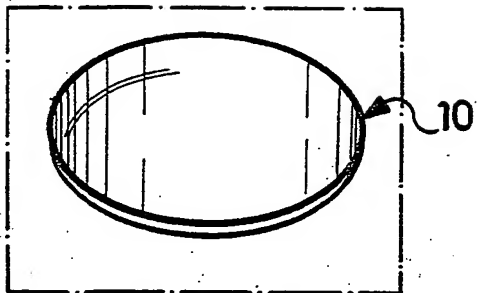


FIG.1b

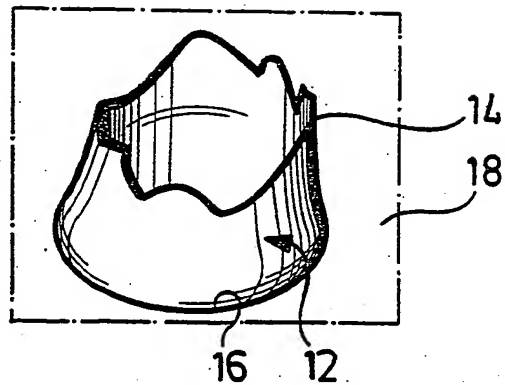


FIG.1c

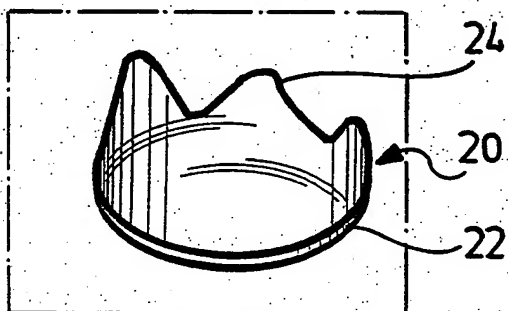


FIG. 2

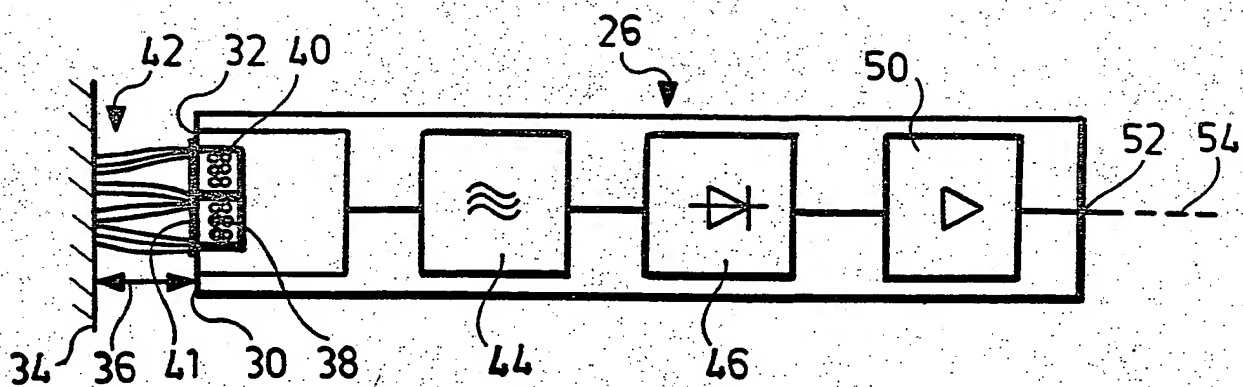
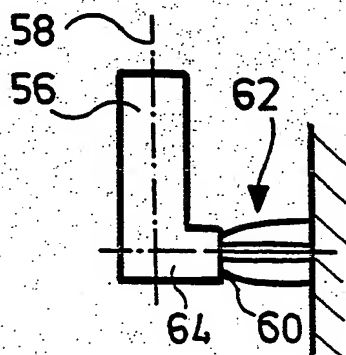


FIG.3



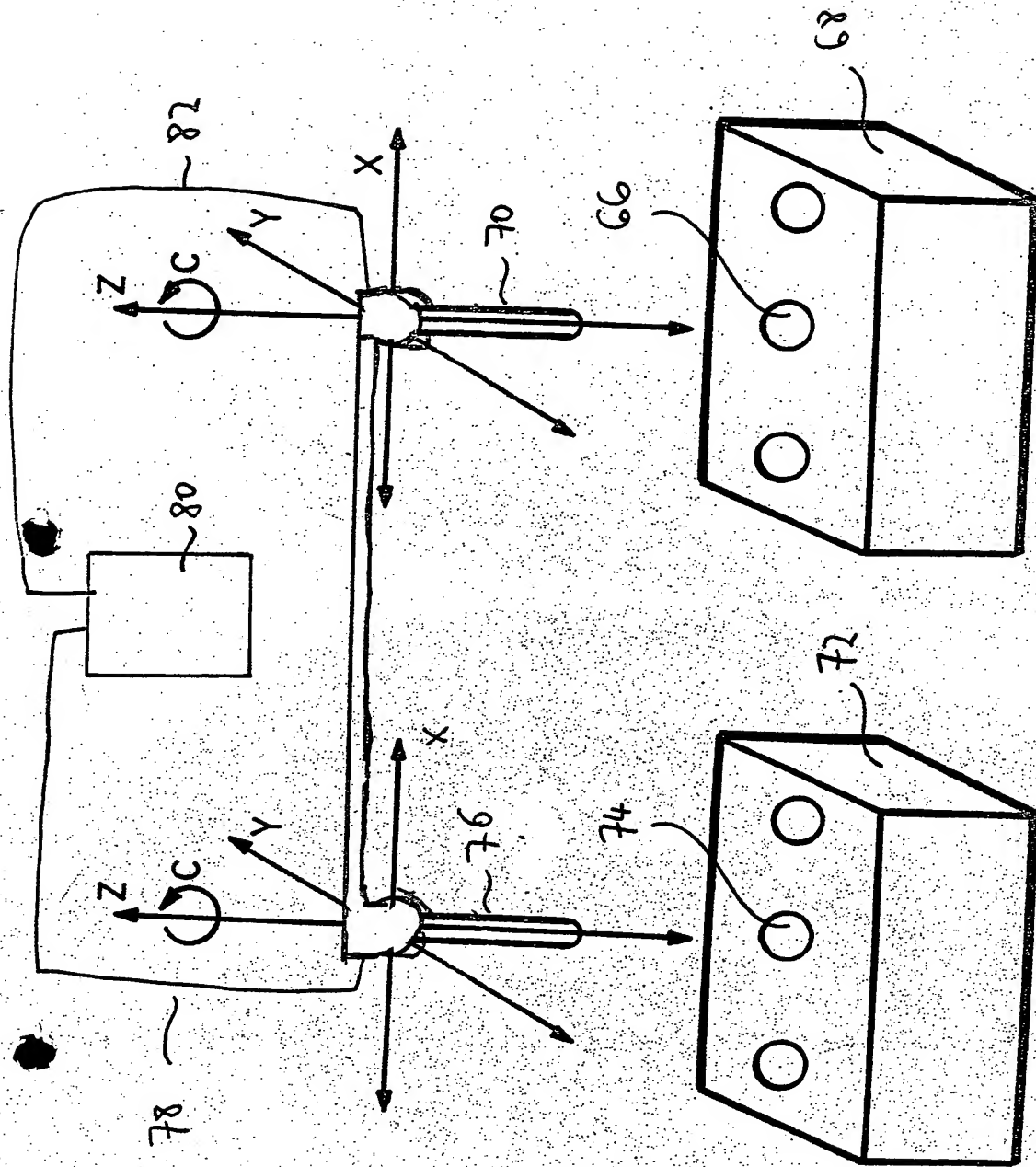


Fig. 4

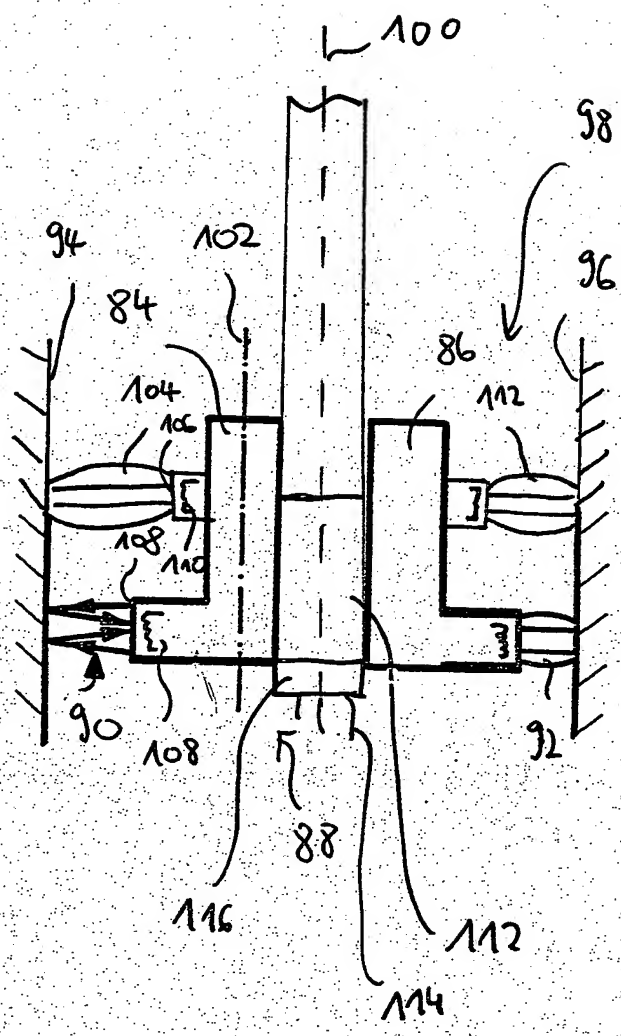


Fig. 5